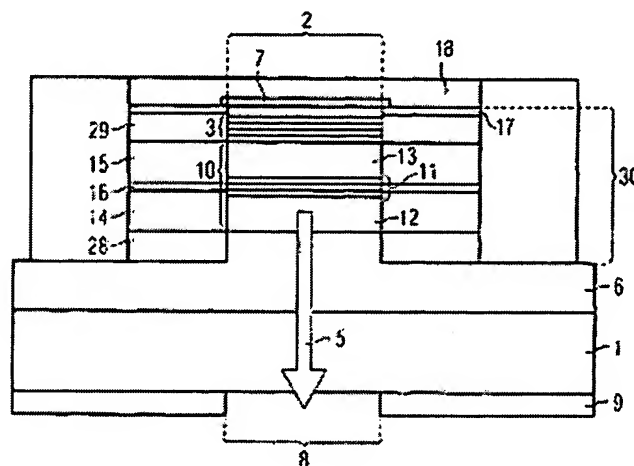


**Optically-pumped surface-emitting semiconductor laser device, has edge-emitting structure of pumping source and radiation-emitting quantum pot type structure applied to common substrate**

**Patent number:** DE10108079  
**Publication date:** 2002-09-12  
**Inventor:** ALBRECHT TONY [DE]  
**Applicant:** OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]  
**Classification:**  
- international: H01S5/40; H01S5/34; H01S3/0941; H01S5/183  
- european: H01S5/04B; H01S5/183  
**Application number:** DE20011008079 20010220  
**Priority number(s):** DE20011008079 20010220; DE20001026734 20000530

**Abstract of DE10108079**

The laser device has at least one pumping radiation source for optically pumping a radiation-emitting quantum pot-type structure (11) provided by an edge-emitting semiconductor structure (30), containing at least one ring laser, both structures epitaxially applied to a common substrate (1). An Independent claim for a manufacturing method for a semiconductor laser device is also included.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**Best Available Copy**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 101 08 079 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 01 S 5/40**  
H 01 S 5/34  
H 01 S 3/0941  
H 01 S 5/183

21 Aktenzeichen: 101 08 079.4  
22 Anmeldetag: 20. 2. 2001  
43 Offenlegungstag: 12. 9. 2002

DE 101 08 079 A 1

- 71 Anmelder:  
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,  
93049 Regensburg, DE
- 74 Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München
- 61 Zusatz zu: 100 26 734.3
- 72 Erfinder:  
Albrecht, Tony, 93049 Regensburg, DE

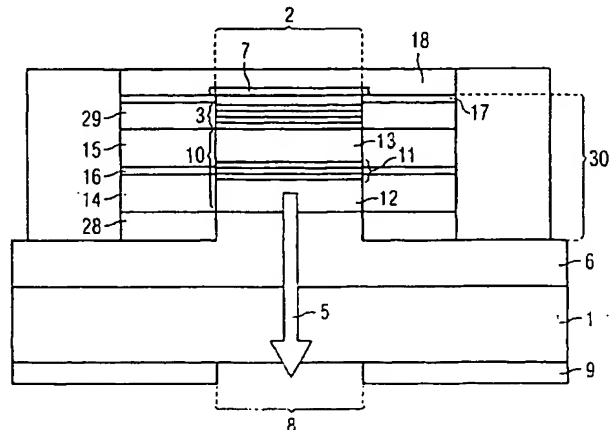
- 56 Entgegenhaltungen:
- |       |              |
|-------|--------------|
| DE    | 39 16 962 C2 |
| DE-OS | 15 14 507    |
| US    | 57 48 653    |
| US    | 52 31 642    |
- GERHOLD, M.D., u.a.: Novel Design of a Hybrid-Cavitys Surface-Emitting Laser. In: IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 34, No. 3, 1998, S. 506-511;  
SHIRE, D.B., u.a.: Coupled In-Plane and Vertical-Cavity Laser 1 x N Routing Switches. In: IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 11, 1996 S. 1537-1539;  
SHIRE, D.B., u.a.: Multiple-Input Optical Control of Vertical Cavity Surface Emitting Lasers Using Intracavity-Coupled In-Plane Lasers. In: IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 2, 1996, S. 188-190;  
SHIRE, D.B., TANG, C.L.: Gain controlled vertical cavity surface emitting lasers coupled with intracavity in-plane lasers. In: Appl.Phys.Lett., Vol. 66, No. 14, 1995, S. 1717-1719;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung und Verfahren zu deren Herstellung

57 Die Erfindung beschreibt eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur (11) und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur (11), wobei die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) aufweist und diese kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) und die Quantentopfstruktur (11) auf ein gemeinsames Substrat (1) epitaktisch aufgebracht sind. Die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) der Pumpstrahlungsquelle ist dabei in Form eines Halbleiter-ringlasers ausgebildet.



DE 101 08 079 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zu deren Herstellung.

[0002] Die vorliegende Patentanmeldung ist ein Zusatz zum Patent (Patentanmeldung 100 26 734.3-33).

[0003] In Patent (Patentanmeldung 100 26 734.3-33) ist eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur offenbart, bei der die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufweist. Die strahlungserzeugende Quantentopfstruktur und die kantenemittierende Halbleiterstruktur sind dabei auf einem gemeinsamen Substrat epitaktisch aufgebracht.

[0004] Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht die Pumpstrahlungsquelle aus einem oder mehreren Halbleiterlasern. Der Resonator dieser Laser entspricht einem (linearen) Fabry-Perot-Resonator und wird vorzugsweise von zwei hochreflektierenden Spiegelschichten begrenzt. Die Pumpeffizienz dieser Halbleiterlaser wird maßgeblich von der Qualität der Spiegel beeinflusst. Eine Verringerung der Reflektivität dieser Spiegel, beispielsweise durch Alterung oder Strahlungsschäden, reduziert zunächst die zur Verfügung stehende optische Pumpleistung und führt in der Folge zu einer erheblich geringeren Besetzungsinversionsdichte bzw. Strahlungsausbeute bei der Quantentopfstruktur.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art mit verbesserter Pumpstrahlungsquelle zu schaffen. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren hierfür anzugeben.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Halbleiterlaservorrichtung nach Patentanspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Patentanspruch 8 oder 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7 und 10.

[0007] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß bei einer optisch gepumpten oberflächenemittierenden Halbleiterlaservorrichtung gemäß Patent (Patentanmeldung 100 26 734.3-33) mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum Pumpen der Quantentopfstruktur die Pumpstrahlungsquelle eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufweist, wobei diese Halbleiterstruktur mindestens einen Ringlaser enthält. Unter einem Ringlaser ist dabei eine Laserstruktur zu verstehen, bei der sich im Betrieb Ringmoden ausbilden können. Die Ausbildung des Laserresonators in Ringform ist dabei, wie im folgenden noch erläutert wird, vorteilhaft, jedoch nicht zwingend erforderlich.

[0008] Der Resonator eines solchen Ringlasers kann mittels totalreflektierender Grenzflächen gebildet werden, so daß vorteilhafterweise keine hochreflektierenden Spiegel erforderlich sind. Damit wird auch die Gefahr einer geringeren Strahlungsausbeute aufgrund von Schäden an den Spiegeln reduziert. Weiterhin zeichnet sich ein Ringlaser durch ein vorteilhaft großes Modenvolumen und eine hohe Modenstabilität aus.

[0009] Bevorzugt ist die Quantentopfstruktur innerhalb des Ringresonators angeordnet, so daß das gesamte resonatorinterne Strahlungsfeld zum Pumpen der Quantentopfstruktur zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist es hierbei, die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur und die Quantentopfstruktur in derselben Höhe über dem Substrat anzuordnen, so daß sich ein großer Über-

lapp zwischen dem zu pumpenden Volumen der Quantentopfstruktur und dem Strahlungsfeld der kantenemittierenden Halbleiterstruktur und damit eine hohe Pumpeffizienz ergibt.

[0010] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der Resonator des Ringlasers von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet. Die Führung des Pumpstrahlungsfeldes erfolgt darin durch Totalreflexion an den Begrenzungen des Wellenleiters, so daß auch hier vorteilhafterweise keine hochreflektierenden Spiegel benötigt werden. Weiterhin kann durch die Formgebung des ringförmig geschlossenen Wellenleiters das Pumpstrahlungsfeld sehr gut an das zu pumpende Volumen der Quantentopfstruktur angepaßt werden.

[0011] Die kantenemittierende Halbleiterstruktur ist bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung von einem Medium umgeben, dessen Brechungsindex geringer ist als der Brechungsindex der Halbleiterstruktur. Dadurch entsteht an dem Übergang vom Halbleiter in das optisch dünnere, umgebende Medium eine totalreflektierende Fläche, die als Begrenzung des Laserresonators dient. Zur Bildung eines ringförmig geschlossenen Wellenleiters kann innerhalb der kantenemittierenden Halbleiterstruktur eine mit einem optisch dünneren Medium gefüllte Ausnehmung angeordnet sein.

[0012] Als umgebendes Medium eignet sich aufgrund des geringen Brechungsindex insbesondere Luft oder ein anderes gasförmiges Medium. Alternativ kann die kantenemittierende Halbleiterstruktur auch von einem anderen Material wie beispielsweise einem Halbleitersmaterial, einem Halbleiteroxid oder einem Dielektrikum mit geringerem Brechungsindex umschlossen sein.

[0013] Bevorzugt ist die Halbleiterstruktur als zylindrischer Stapel kreisförmiger oder ringförmiger Halbleiterschichten gebildet. Der so geformte zylindrische Halbleiterkörper stellt zugleich den Ringlaserresonator dar, an dessen Mantelflächen das Strahlungsfeld totalreflektierend geführt wird.

[0014] Alternativ kann die Halbleiterstruktur auch prismatisch als Stapel von Halbleiterschichten in Form von Vielecken oder Vieleckringen gebildet sein. Durch diese Formgebung kann eine weitgehend homogene Strahlungsverteilung und entsprechend eine weitgehend homogene Pumpdichte in der Quantentopfstruktur erzielt werden.

[0015] Ein Stapel von Halbleiterschichten der beschriebenen Form kann vergleichsweise einfach, zum Beispiel durch Ätzen aus einer zuvor epitaktisch hergestellten Halbleiterschichtenfolge gebildet werden. Vorteilhafterweise wird so mit der Formung des Halbleiterkörpers zugleich auch der Laserresonator der kantenemittierenden Halbleiterstruktur gebildet, ohne daß zusätzliche Verspiegelungen erforderlich sind.

[0016] Bei einem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren wird zunächst entsprechend dem in Patent (Patentanmeldung 100 26 734.3-33) beschriebenen Verfahren auf einem Substrat eine oberflächenemittierende Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur aufgebracht, die Schichtenfolge außerhalb des vorgesehenen Laserbereichs entfernt und die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle auf den dadurch freigelegten Bereich aufgebracht.

[0017] Daraufhin wird der Außenbereich der kantenemittierenden Halbleiterstruktur zur Formung des Laserresonators entfernt. Bevorzugt wird dabei auch ein zentraler Teilbereich im Inneren der Halbleiterstruktur zur Bildung eines Ringresonators abgetragen. Die Entfernung dieser Teilbereiche kann beispielsweise mittels eines Trockenätzverfahrens erfolgen. Mit Vorteil ist keine aufwendige Nachbearbeitung

der geätzten Flächen erforderlich.

[0018] Alternativ können bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren die Verfahrensschritte in anderer Reihenfolge angewendet werden. Beispielsweise kann auf dem Substrat zunächst eine kantenemittierende Halbleiterstruktur aufgebracht werden, die dann im vorgesehenen Laserbereich der (noch zu bildenden) Quantentopfstruktur abgetragen wird. Auf den freigelegten Bereich wird im nächsten Schritt die oberflächenemittierende Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur aufgebracht. Abschließend wird wieder der Außenbereich der kantenemittierenden Halbleiterstruktur zur Formung des Laserresonators entfernt. In einer Variante des Verfahrens kann die Formung des Laserresonators auch vor der Aufbringung der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge stattfinden.

[0019] Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung werden nachfolgend anhand von vier Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 4 erläutert. Es zeigen

[0020] Fig. 1a und 1b eine schematische Schnittdarstellung bzw. eine schematische Aufsicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

[0021] Fig. 2 eine schematische Aufsicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

[0022] Fig. 3 eine schematische Aufsicht eines dritten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung und

[0023] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

[0024] Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren der Ausführungsbeispiele mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0025] In Fig. 1a ist ein Schnitt durch einen optisch gepumpten oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip mit einer Laseremission bei 1030 nm dargestellt. Bei diesem ist auf einem Substrat 1 eine Bufferschicht 6 aufgebracht. Das Substrat 1 besteht beispielsweise aus GaAs und die Bufferschicht 6 aus undotiertem GaAs.

[0026] Auf der Bufferschicht 6 ist in der Schnittdarstellung mittig über dem Substrat 1 eine oberflächenemittierende Halbleiterlaserstruktur 10 mit einer Quantentopfstruktur 11 aufgebracht, die den oberflächenemittierenden Laserbereich 2 festlegt. Die Halbleiterlaserstruktur 10 setzt sich zusammen aus einer unmittelbar auf der Bufferschicht befindlichen ersten Confinementschicht 12, einer auf dieser angeordneten Quantentopfstruktur 11 und einer auf der Quantentopfstruktur 11 aufgetragenen zweiten Confinementschicht 13. Die Confinementschichten 12 und 13 bestehen beispielsweise aus undotiertem GaAs und die Quantentopfstruktur 11 weist zum Beispiel eine Mehrzahl (3) von Quantentöpfen (quantum wells) auf, die aus undotiertem InGaAs bestehen und deren Dicke auf die Emission bei 1030 nm eingestellt ist. Zwischen den Quantentöpfen befinden sich Barrierschichten aus GaAs.

[0027] Über der oberflächenemittierenden Halbleiterlaserstruktur ist ein Bragg-Spiegel 3 mit beispielsweise 28 bis 30 Perioden mit je einer GaAlAs(10%Al)-Schicht und einer GaAlAs(90%Al)-Schicht abgeschieden, der einen hochreflektiven Resonatorspiegel darstellt.

[0028] Der für den Laserbetrieb der oberflächenemittierenden Halbleiterlaserstruktur 10 erforderliche zweite Spiegel ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel nicht in den Halbleiterkörper integriert, sondern als externer Spiegel vorgesehen. Alternativ kann dieser zweite Spiegel auch in ähnlicher Weise wie der Spiegel 3 in nicht dargestellter

Weise in dem Halbleiterkörper ausgebildet sein. In diesem Fall wäre der zweite Spiegel beispielsweise innerhalb des vorgesehenen Laserbereichs 2 zwischen der Bufferschicht 6 und der Quantentopfstruktur 11 anzuordnen.

[0029] In der Umgebung des Laserbereichs 2 ist auf der Bufferschicht 6 eine kantenemittierende Halbleiterlaserstruktur 30 in Form eines Ringlasers abgeschieden. Die Emissionswellenlänge dieses Ringlasers liegt bei etwa 1  $\mu\text{m}$ .

[0030] Die Ringlasersstruktur setzt sich im Einzelnen zusammen aus einer ersten Mantelschicht 28 (z. B. n-GaAl<sub>0,65</sub>As), einer ersten Wellenleiterschicht 14 (z. B. n-GaAl<sub>0,1</sub>As), einer aktiven Schicht 16 (z. B. single quantum well aus undotiertem InGaAs), einer zweiten Wellenleiterschicht 15 (z. B. p-GaAl<sub>0,1</sub>As) und einer zweiten Mantelschicht 29 (z. B. p-GaAl<sub>0,66</sub>As).

[0031] Auf der zweiten Mantelschicht 29 kann als Deckschicht 17 beispielsweise eine p<sup>+</sup>-dotierte GaAs-Schicht aufgebracht sein. Im Bereich des Bragg-Spiegels 3 befindet sich auf der Deckschicht 17 eine elektrisch isolierende Maskeenschicht 7, beispielsweise eine Siliziumnitrid-, Aluminiumoxid- oder eine Siliziumoxidschicht, mit deren Hilfe die Strominjektion in die kantenemittierende Halbleiterstruktur 30 festgelegt wird. Auf der dem Substrat 1 gegenüberliegenden Seite ist die Laservorrichtung von einer gemeinsamen p-Kontaktschicht 18 abgedeckt.

[0032] Die von der Halbleiterstruktur abgewandte Hauptfläche des Substrats 1 ist bis auf ein Austrittsfenster 8 für die von der Quantentopfstruktur 11 erzeugte Strahlung 5 mit einer n-Kontaktschicht 9 versehen.

[0033] Sämtliche Halbleiterschichten sind beispielsweise mittels metallorganischer Dampfphasenepitaxie (MOVPE) hergestellt.

[0034] Fig. 1b zeigt eine Aufsicht auf das erste Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung. Die Schnittdarstellung gemäß Fig. 1a entspricht einem senkrechten Schnitt entlang der Linie A-A.

[0035] Die kantenemittierende Halbleiterstruktur 30 weist in der Aufsicht eine achteckige Form mit vierzähliger Rotationssymmetrie sowie eine quadratische zentrale Aussparung 19 auf. Die zu pumpende, in der Aufsicht kreisförmige Quantentopfstruktur 11 ist vollständig innerhalb des so gebildeten Achteckrings angeordnet. Dieser Achteckring bildet einen Ringresonator in Form eines totalreflektierenden, geschlossenen Wellenleiters.

[0036] Im Betrieb schwingen in diesem Wellenleiter zyklisch umlaufende Ringmoden, beispielhaft dargestellt anhand der Moden 20a, b, c, an, die die Quantentopfstruktur 11 optisch pumpen. Aufgrund der Totalreflexion an den Außenflächen sind die Auskoppelverluste bei diesem Ausführungsbeispiel äußerst gering, so daß mit Vorteil das gesamte resonatorinterne Strahlungsfeld zum Pumpen der Quantentopfstruktur 11 zur Verfügung steht.

[0037] Aufgrund der gezeigten Formgebung des Achteckrings sind die Ringmoden 20a, 20b und 20c im wesentlichen gleichberechtigt und breiten sich gleichförmig aus. Somit ergibt sich in radialer Richtung (entlang der Linie B-B) ein weitgehend homogenes Strahlungsfeld und entsprechend eine weitgehend gleichmäßige Pumpdichte in der zu pumpenden Quantentopfstruktur 11.

[0038] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung in Aufsicht gezeigt. Im Unterschied zu dem vorigen Ausführungsbeispiel ist hier der totalreflektierende Wellenleiter als Kreisring gebildet. Die zu pumpende Quantentopfstruktur 11 ist vollständig innerhalb des Ringbereichs angeordnet.

[0039] Innerhalb des kreisringförmigen Resonators können eine Vielzahl von Ringmoden anschwingen. Die darge-

stellt Mode 21 zeigt lediglich ein mögliches Beispiel. Die Quantentopfstruktur 11 wird daneben von einer Vielzahl weiterer Moden mit hoher Effizienz gepumpt.

[0040] Wie sich aus Fig. 2 ergibt, kann zur Vereinfachung auch auf die zentrale Aussparung 19 verzichtet werden, so daß der Resonator eine Vollkreisfläche als Querschnitt aufweist. Dadurch wird mit Vorteil der Herstellungsaufwand reduziert. Allerdings können dann bis zu einem gewissen Grad Moden anschwingen, die durch das Resonatorzentrum verlaufen. Diese Moden werden an der Resonatorbegrenzung nicht totalreflektiert und besitzen daher vergleichsweise hohe Auskoppelverluste, die letztendlich die Pump-effizienz verringern.

[0041] In Fig. 3a ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt, bei dem die Quantentopfstruktur 11 von zwei voneinander unabhängigen Ringlasern gepumpt wird. Diese sind prinzipiell wie die Ringlaser des ersten Ausführungsbeispiels aufgebaut.

[0042] Die zugehörigen Wellenleiter 22, 23 kreuzen sich in zwei Bereichen 31a, b, wobei einem Bereich 31a die zu pumpende Quantentopfstruktur 11 angeordnet ist. Mittels dieser Anordnung mit zwei Ringlasern wird die Pumpdichte in der Quantentopfstruktur 11 weiter erhöht. Die wesentlichen Pumpmoden sind wiederum beispielhaft anhand der Moden 20a, b, c, d, e, f dargestellt. Mit Vorteil ergibt sich wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel dargelegt auch hier wieder eine weitgehend homogene Pumpdichte.

[0043] In Fig. 3b ist eine vorteilhafte Variante der in Fig. 3a dargestellten Anordnung gezeigt, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, daß die Formgebung der sich kreuzenden, ringförmigen Wellenleiter 22 und 23 vereinfacht ist. Dazu sind die Querschnitte der zentralen Ausnehmungen 24 und 25 auf Dreiecke reduziert. Auf die zentrale Ausnehmung 26 und die in Fig. 3a dargestellten seitlichen Ausnehmungen 32 wird verzichtet. Durch diese Vereinfachung wird mit Vorteil der Herstellungsaufwand verringert, ohne die Laserfunktion wesentlich zu beeinträchtigen.

[0044] Weitergehend könnte auch, wie in Fig. 3b angedeutet, eine zweite Quantentopfstruktur 27 in dem zweiten Kreuzungsbereich 31b der beiden Ringlaser ausgebildet sein.

[0045] In Fig. 4 ist schematisch ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gezeigt. Zunächst werden auf das Substrat 1 nacheinander die Bufferschicht 6, die erste Confinementschicht 12, die Quantentopfstruktur 11, die zweite Confinementschicht 13 und die Bragg-Spiegelschichten 3, beispielsweise mittels MOVPE, aufgebracht (Fig. 4a).

[0046] Danach wird auf den vorgesehenen oberflächenemittierenden Laserbereich 2 dieser Schichtenfolge eine Ätzmase 4 aufgebracht. Nachfolgend werden außerhalb des vorgesehenen oberflächenemittierenden Laserbereichs 2 die Bragg-Spiegelschichten 3, die Confinementschichten 12 und 13, die Quantentopfstruktur 11 und teilweise die Bufferschicht 6 beispielsweise mittels Ätzung entfernt (Fig. 4b).

[0047] Auf den freigelegten Bereich der Bufferschicht werden dann die erste Mantelschicht 28, die erste Wellenleiterschicht 14, die aktive Schicht 16, die zweite Wellenleiterschicht 15, die zweite Mantelschicht 29 und die Deckschicht 17 nacheinander, beispielsweise wiederum mittels MOVPE, aufgebracht (Fig. 4c).

[0048] Anschließend werden die Außenbereiche und der Zentralbereich (nicht dargestellt) der Halbleiterstruktur zur Bildung des totalreflektierenden, geschlossenen Wellenleiters abgetragen. Dies kann beispielsweise durch reaktives Ionenätzen unter Verwendung einer geeigneten, bekannten Maskentechnik erfolgen (Fig. 4d).

[0049] Die so hergestellten Seitenflächen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur erfordern keine optische Vergütung und bilden einen nahezu verlustfreien Ringlaserresonator.

tierenden Halbleiterstruktur erfordern keine optische Vergütung und bilden einen nahezu verlustfreien Ringlaserresonator.

[0050] Abschließend wird die Ätzmase 4 entfernt, auf den Braggspiegel 3 die elektrisch isolierende Maskenschicht 7 aufgebracht und die Oberfläche mit der p-Kontaktschicht 18 abgedeckt. Das Substrat wird mit den n-Kontaktflächen 9 versehen (Fig. 4e).

[0051] Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen. Insbesondere sind alle in Patentanmeldung (Patentanmeldung 100 26 734.3-33) beschriebenen vorteilhaften Weiterbildungen der Halbleiterlaservorrichtung sowie der Verfahren zu deren Herstellung auch bei der vorliegenden Erfindung prinzipiell anwendbar.

#### Patentansprüche

1. Optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung nach Patent (Patentanmeldung 100 26 734.3-33) mit mindestens einer strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur (11) und mindestens einer Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen der Quantentopfstruktur (11), bei der die Pumpstrahlungsquelle mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) aufweist und die mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) und die Quantentopfstruktur (11) auf einem gemeinsamen Substrat (1) epitaktisch aufgewachsen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) mindestens einen Ringlaser enthält.
2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantentopfstruktur (11) innerhalb des Resonators des Ringlasers angeordnet ist.
3. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator des Ringlasers von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet wird.
4. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) von einem Medium umgeben ist, dessen Brechungsindex geringer ist als der Brechungsindex der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30).
5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) von Luft, einem anderen gasförmigen Medium oder einem Dielektrikum umgeben ist.
6. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) als zylindrischer Körper mit kreisförmigem oder kreisringförmigem Querschnitt gebildet ist.
7. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (30) als prismatischer Körper mit einem Querschnitt in Form eines Vielecks oder eines Vieleckkrings gebildet ist.
8. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die Schritte
  - Aufbringen einer oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur (11) auf ein Substrat (1),

- Entfernen der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge außerhalb eines vorgesehenen Laserbereichs (2),
- Aufbringen einer kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) auf den freigelegten Bereich über dem Substrat (1),
- Entfernen von Teilbereichen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) zur Ausbildung des Ringlaserresonators.

9. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch die Schritte

- Aufbringen einer kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) auf ein Substrat (1),
- Entfernen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) innerhalb eines vorgesehenen Laserbereichs (2)
- Aufbringen einer oberflächenemittierenden Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer Quantentopfstruktur (11) auf das Substrat (1) innerhalb des freigelegten Laserbereichs,
- Entfernen von Teilbereichen der kantenemittierenden Halbleiterschichtenfolge (30) zur Ausbildung des Ringlaserresonators.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung von Teilbereichen der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (30) durch Trockenätzen erfolgt.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG 1a

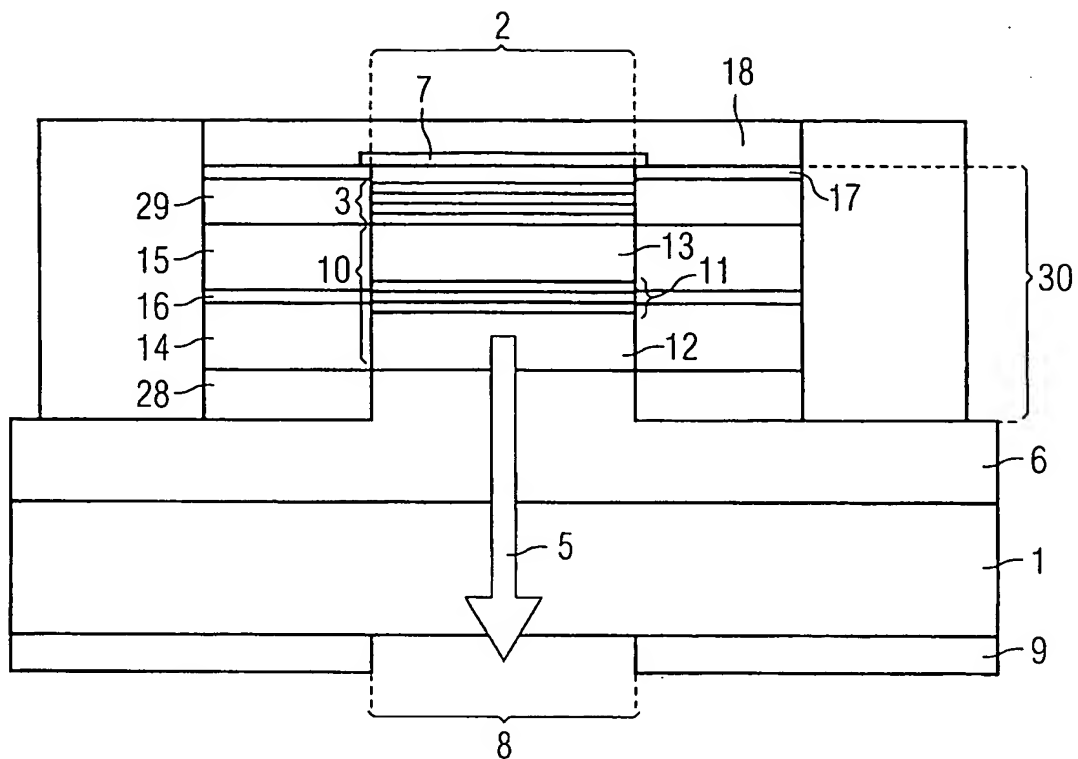


FIG 1b

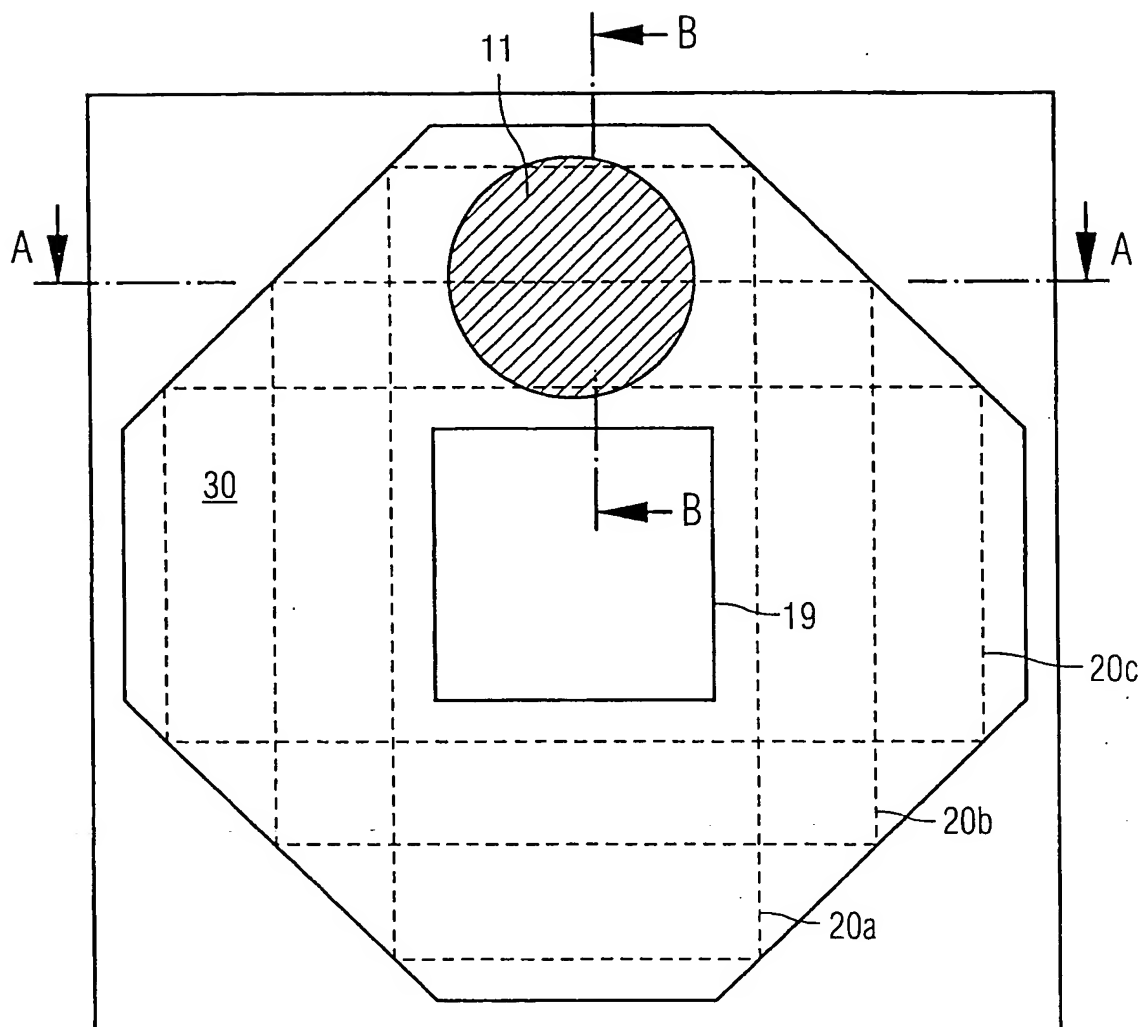


FIG 2

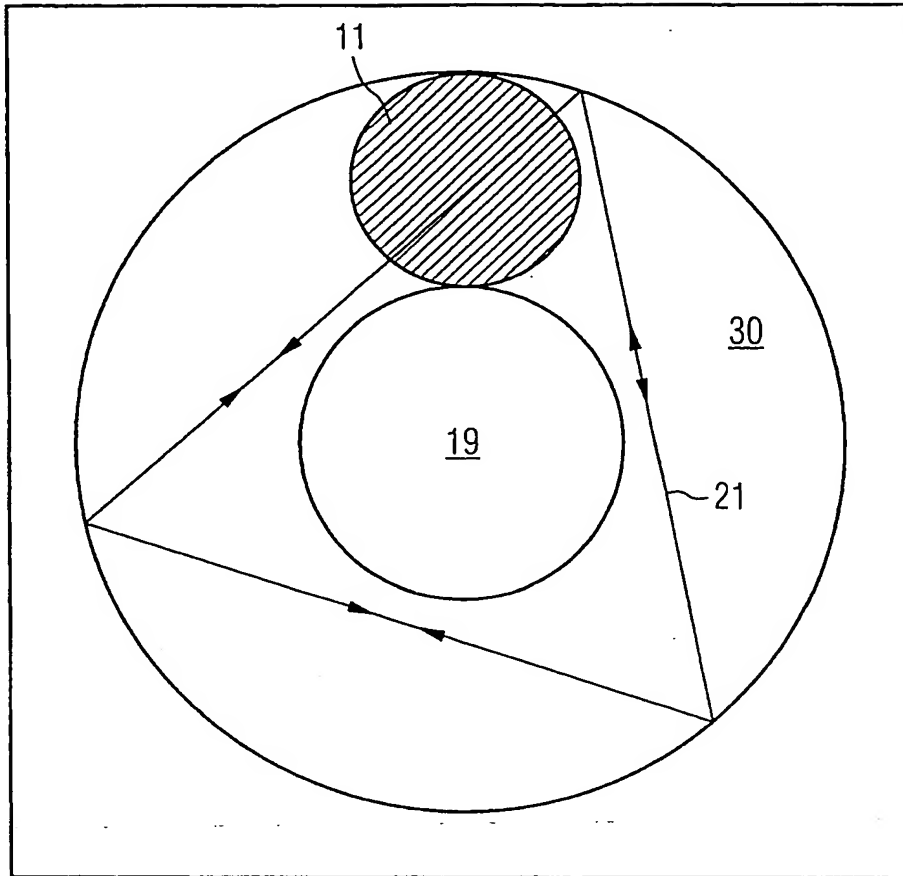


FIG 3a

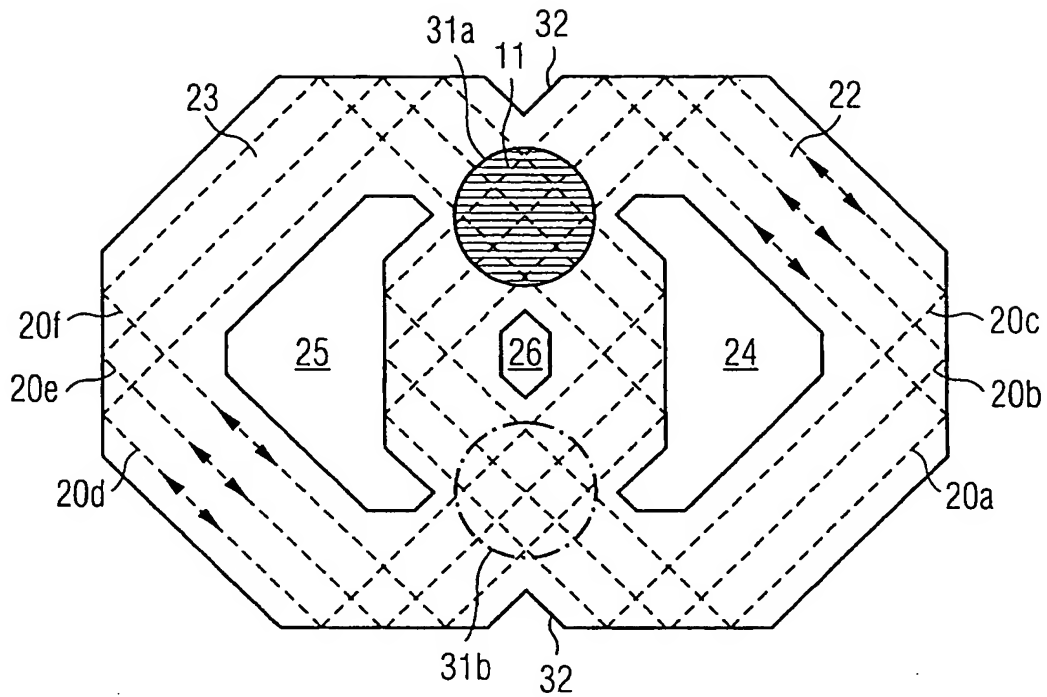


FIG 3b

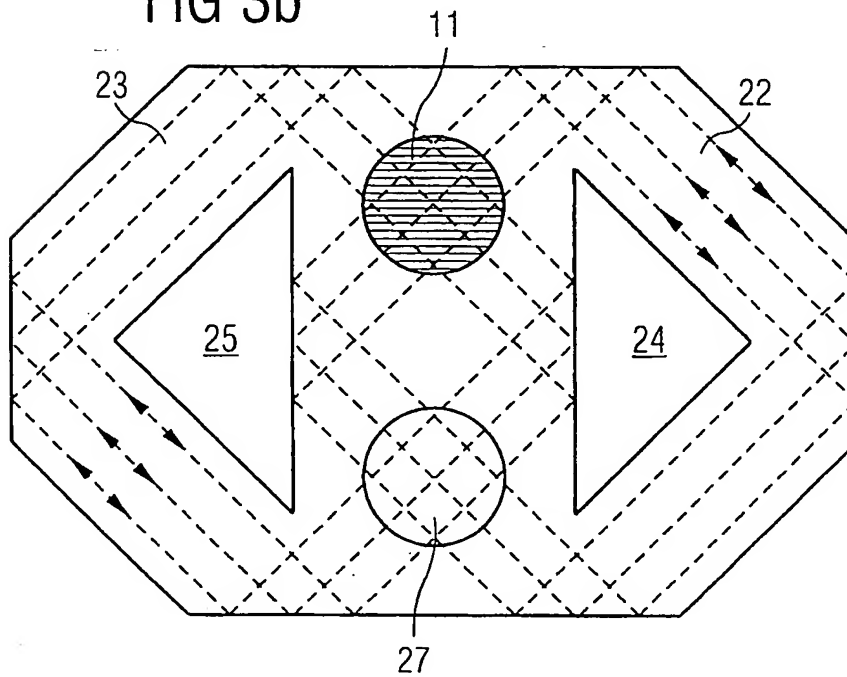


FIG 4a

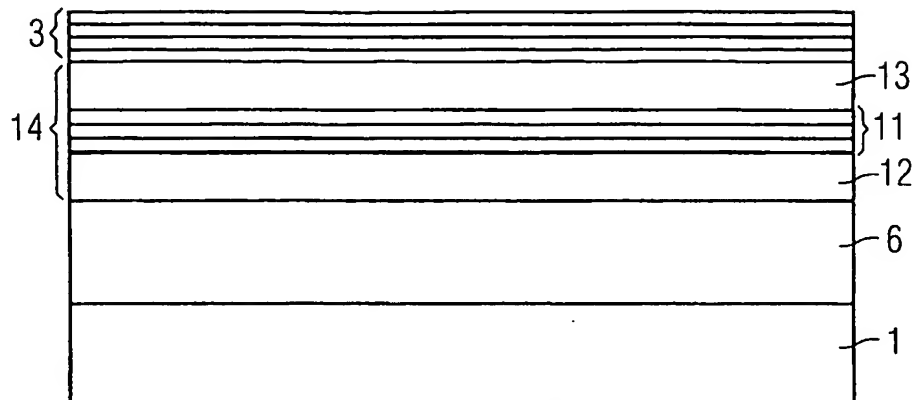


FIG 4b

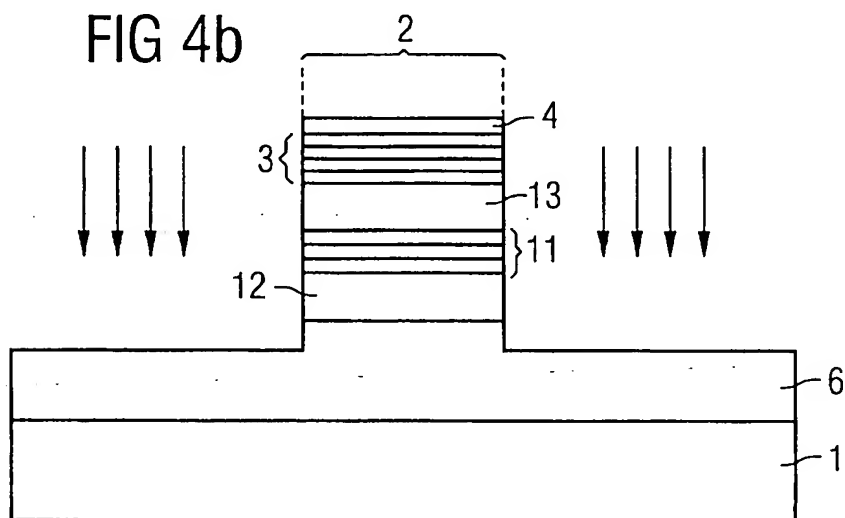


FIG 4c

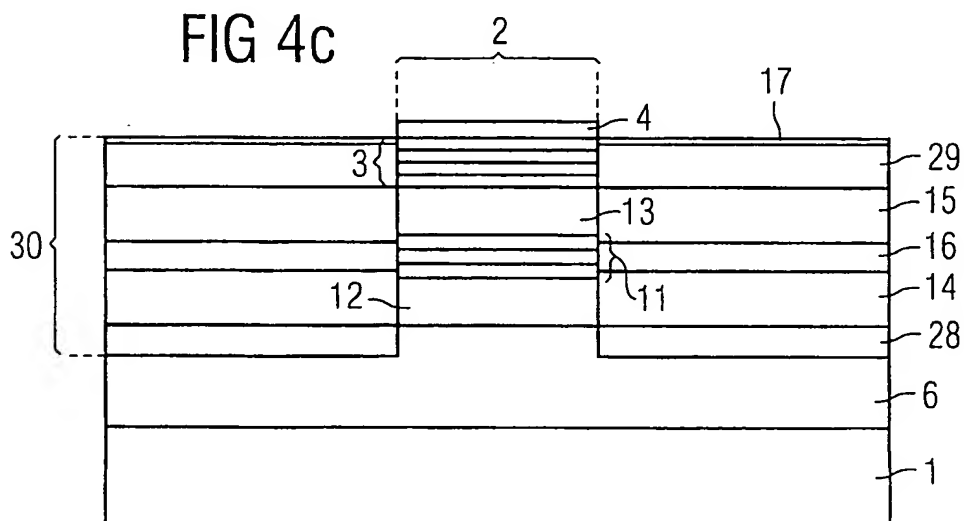


FIG 4d

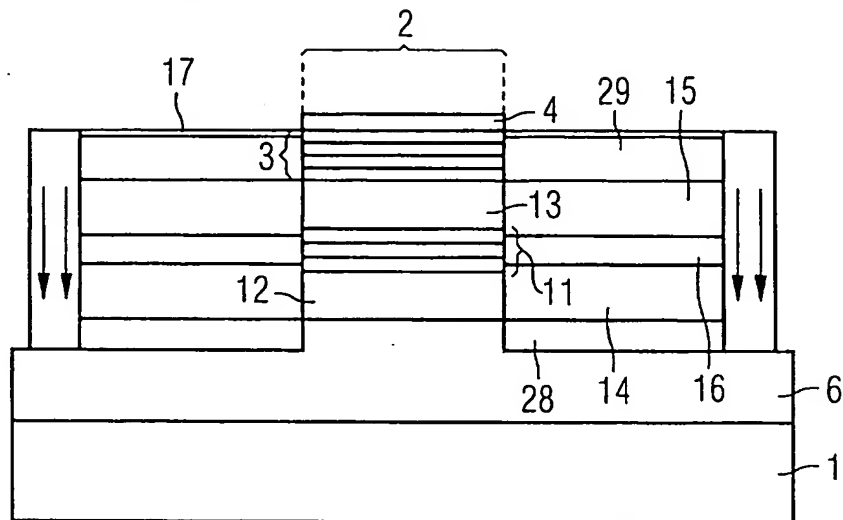
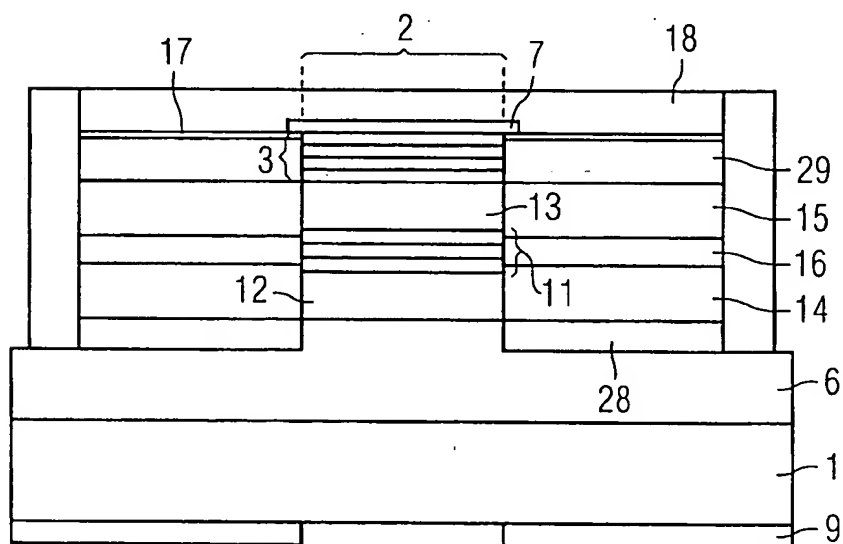


FIG 4e



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**